

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE (a) OR (b)

FILED 00/09/00
RO/KR 21.08.2000.

KR 000/0093

REC'D 13 SEP 2000

WIPO PCT

10-089479
4

**대한민국 특허청
KOREAN INDUSTRIAL
PROPERTY OFFICE**

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Industrial
Property Office.

출원번호 : 특허출원 1999년 제 41892 호
Application Number

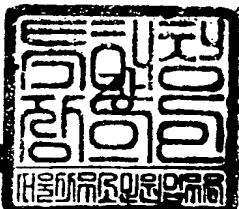
출원년월일 : 1999년 09월 30일
Date of Application

출원인 : 주식회사 옵토웨이퍼테크
Applicant(s)



2000 년 07 월 20 일

특허청
COMMISSIONER



출력 일자: 2000/7/24

【서류명】 출원인정보변경 (경정)신고서
【수신처】 특허청장
【제출일자】 20000118
【출원인】
 【명칭】 주식회사 옵토웨이퍼테크
 【출원인코드】 119990492191
【대리인】
 【성명】 양순석
 【대리인코드】 919980003489
【변경사항】
 【경정항목】 한글 성명(명칭)
 【경정전】 엘피이프로덕트 (주)
 【경정후】 주식회사 옵토웨이퍼테크
【변경사항】
 【경정항목】 영문 성명(명칭)
 【경정전】 LPE PRODUCTS CO., LTD.
 【경정후】 LPE PRODUCTS CO., LTD.
【취지】 특허법시행규칙 제9조 실용신안법시행규칙 제12조 의장법
시행규칙 제28조 및 상표법시행규칙 제23조의 규정에 의하여 위와 같이 신고합니다.

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	1999.09.30
【발명의 명칭】	질화물 단결정 기판 제조 장치 및 방법
【발명의 영문명칭】	Device and method for forming nitride single crystalline substrate
【출원인】	
【명칭】	엘피아프로덕트 (주)
【출원인코드】	1-1999-049219-1
【대리인】	
【성명】	최종식
【대리인코드】	9-1998-000585-5
【대리인】	
【성명】	원석희
【대리인코드】	9-1998-000444-1
【대리인】	
【성명】	박해천
【대리인코드】	9-1998-000223-4
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김봉철
【성명의 영문표기】	KIM,Bong Cheol
【주민등록번호】	620726-1953117
【우편번호】	360-210
【주소】	충청북도 청주시 상당구 율량동 891번지 현대아파트 403-804
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정 에 의한 출원심사 를 청구합니다. 대리인 최종식 (인) 대리인 원석희 (인) 대리인 박해천 (인)

【수수료】

【기본출원료】	19	면	29,000	원
【가산출원료】	0	면	0	원
【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	12	항	493,000	원
【합계】			522,000	원
【감면사유】			중소기업	
【감면후 수수료】			261,000	원
【첨부서류】			1. 요약서·명세서(도면)_1통 2. 기타첨부서류_1통 [사업자등록증, 공장등록증, 소득세징수액집계표 확 인원, 원천징수이행 상황신고서] 3. 위임장_1통	

【요약서】**【요약】**

본 발명은 GaN을 비롯한 AlN, InN, GaInN, AlInN, AlGaN 등의 질화물 단결정 기판 제조 장치 및 방법에 관한 것으로, 비교적 성장 속도가 빠른 하이드라이드 기상에피 텍시(hydride vapor phase epitaxy)법으로 석영반응관 내에서 모기판 위에 질화갈륨 후막 등과 같이 기판을 이를 질화물막을 성장시킨 후, 모기판을 일정온도로 유지된 기판 지지대로 이동시켜 온도를 일정하게 유지하면서 레이저를 조사하여 모기판으로부터 질화물막을 분리시켜 균열이 없는 질화물 단결정 기판을 제조하는데 특징이 있다.

【대표도】

도 3

【색인어】

질화물막, 단결정, 기판, 레이저, 일정 온도

【명세서】

【발명의 명칭】

질화물 단결정 기판 제조 장치 및 방법{Device and method for forming nitride single crystalline substrate}

【도면의 간단한 설명】

도1은 종래 질화갈륨 단결정 기판 제조 공정에서의 시간에 따른 온도변화를 보이는 그래프,

도2는 본 발명의 실시예에 따른 질화갈륨 단결정 기판 제조 공정에서의 시간과 온도변화 관계를 보이는 그래프,

도3은 본 발명의 실시예에 따른 질화갈륨 단결정 기판 제조 장치의 개략도,

도4a 내지 도4d는 본 발명의 실시예에 따른 단결정 기판 제조 공정 단면도.

* 도면의 주요부분에 대한 도면부호의 설명

11A: 반응실

11B: 배기실

11C: 가열실

12: 셔터

12A: 프렌지

13: 다단전기로

14, 15: 가스 인입관

16: 배기계

20: 갈륨

30: 모기판

31: 질화갈륨 후막

31A: 질화갈륨 단결정 기판

32: 질화갈륨 분해 영역

40: 시료지지대

50: 레이저빔

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<14> 본 발명은 질화물 단결정 기판 제조를 위한 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 질화물 단결정 기판에 균열이 발생하는 것을 효과적으로 방지할 수 있는 방법에 관한 것이다.

<15> 종래 질화물 단결정 기판 제조 방법의 예로서 질화갈륨 단결정 기판 제조 방법을 설명한다.

<16> 질화갈륨은 용점이 2400 °C 이상으로 높고, 질소 분해압도 용점에서 약 10만 기압 정도나 된다. 이와 같이 질화갈륨은 용점과 질소 분해압이 매우 높기 때문에 통상적인 결정 성장 방법을 이용하여 대형의 벌크 질화갈륨 단결정을 성장하는 것은 불가능하다. 따라서, 벌크 질화갈륨 단결정을 성장시키기 위하여 1000 °C 내지 1150 °C의 고온 범위에서 갈륨과 암모니아 가스를 직접 반응시켜 침상형 결정을 성장하는 방법과 1500 °C 내지 1600 °C의 온도, 20000 기압의 질소 감압상태에서 갈륨에 질소를 용해시켜 판상형의 벌크결정을 성장시키는 방법이 사용된다. 그러나 전술한 종래 방법으로는 크기가 수 μm 정도이고 두께가 100 μm 정도로 얇은 결정이 성장될 뿐이어서, 넓은 면적의 질화갈륨 기판을 제조하는데는 성공적이지 않다.

<17> 이러한 문제점을 해결하기 위하여 최근에는 시간당 성장속도가 100 μm /시간으로 빠른 하이드라이드 기상에피택시(hydride vapor phase epitaxy)법을 이용하여 사파이어 기판 또는 탄화규소(SiC) 등의 모기판 위에 질화갈륨 후막을 성장시킨 후 모기판을 제거시켜 질화갈륨 기판을 제조하고 있다.

<18> 모기판을 제거하기 위한 방법으로는 기계적인 연마 방법이나 레이저를 이용하는 방법이 적용되고 있다. 특히 레이저를 이용하는 방법에 있어서는 도1의 그래프에서와 같이 1000 °C 내지 1100 °C 정도의 높은 온도에서 질화갈륨 후막을 성장시키고 상온까지 냉각시켜 질화갈륨이 성장된 모기판을 반응실로부터 꺼낸 다음, 질화갈륨 후막 성장 장치와는 다른 별도의 장치에서 모기판의 온도를 600 °C까지 상승시킨 후 레이저를 이용하여 질화갈륨과 모기판을 분리하고 있다.[K. Kelly 등, Large free-standing GaN substrate by hydride vapor phase epitaxy and laser induced lift-off, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 38, No. 3A (pt 2), 1999]

<19> 전술한 종래의 질화갈륨 단결정 기판 제조 방법에서는 하이드라이드 기상에피택시법을 사용하여 고온에서 사파이어 기판 위에 질화갈륨 후막을 이종 에피택시 성장한 후 상온까지 냉각시키기 때문에, 질화갈륨 내부에는 모기판과의 격자부정합과 열팽창계수의 차이에 의하여 균열(crack)이 발생한다. 이와 같이 발생된 균열은 질화갈륨 기판의 크기를 제한시킬 뿐만 아니라 그 상부에 제조되는 전자소자의 동작특성에 나쁜 영향을 미치게 된다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<20> 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 본 발명은 모기판 상에 형성된 질화물막을 모기판으로부터 분리하여 질화물 단결정 기판을 형성하는 과정에서 질화물 단결정 기판에 균열이 발생하는 것을 효과적으로 방지할 수 있는, 질화물 단결정 기판 제조 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<21> 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은 모기판 상에 후막 성장 공정이 실시되는 반응실; 상기 반응실과 연결되고, 상기 모기판으로부터 상기 후막을 분리하여 기판을 제조하기 위한 레이저 조사 공정이 실시되는 가열실; 및 상기 가열실 내에 장착되어 일정 온도로 유지된 시료지지대를 포함하는 기판 제조 장치를 제공한다.

<22> 또한, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 모기판을 마련하는 제1 단계; 상기 모기판 상에 후막을 형성하는 제2 단계; 및 반응실 내에서 상기 모기판을 상온보다 높은 일정 온도로 유지시키면서 레이저를 조사하여 상기 모기판으로부터 상기 후막을 분리시켜 기판을 제조하는 제3 단계를 포함하는 기판 제조 방법을 제공한다.

<23> 본 발명은 GaN을 비롯한 AlN, InN, GaInN, AlGaInN 등의 질화물막을 단결정 기판 제조 과정에서 질화물막이 성장된 모기판의 온도를 상온까지 냉각시키지 않고 일정온도로 유지된 상태에서 레이저를 조사하여 모기판과 질화물막을 분리시켜 균열없는 질화물 단결정 기판을 제조할 수 있는 장치 및 방법을 제공하는데 특징이 있다.

<24> 예를 들어 본 발명은 사파이어(Al_2O_3), 스피넬 ($MgAl_2O_4$), 탄화규소(SiC) 등과 같이 GaN 와 격자부정합과 열팽창계수의 차이가 큰 모기판 위에 상대적으로 결정의 성장속도가 빠른 하이드라이드 기상에피택시(hydride vapor phase epitaxy)법으로 질화갈륨 후막을 성장시킨 다음 모기판으로부터 질화갈륨 후막을 분리시키는 방법으로 질화갈륨 단결정 기판을 제조하는 방법에 있어서, 도2의 그래프와 같이 고온에서 모기판 위에 질화갈륨 후막을 성장시킨 후 질화갈륨 후막이 성장된 모기판의 온도를 상온까지 냉각시키지 않고 질화갈륨이 성장된 모기판을 동일 반응실내에서 600 °C 내지 1000 °C의 일정온도로 유지된 곳으로 이동시키고 레이저를 이용하여 모기판과 질화갈륨을 분리해냄으로써 질화갈륨계 화합물 반도체의 동종 에피택시를 위한 대면적의 질화갈륨 기판에 균열이 발생하지 않도록 할 수 있는 질화갈륨 단결정 기판 제조 장치 및 방법을 제공한다.

<25> 이하, 첨부된 도면 도3을 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 질화갈륨 단결정 기판 제조를 위한 장치를 상세하게 설명한다.

<26> 도3에 도시한 바와 같이 본 발명의 실시예에 따른 질화갈륨 단결정 기판 제조를 위한 수평형 대기압 하이드라이드 기상에피택시 장치는, 질화갈륨 후막 성장을 위한 석영 반응관(도시하지 않음)이 마련된 반응실(11A), 반응실(11A)과 가열실(11B) 사이에 위치하며 배기계(16)와 연결된 배기실(11B), 그 내부에 일정온도로 유지된 시료지지대(40)가 마련되며 모기판(30)으로부터 질화갈륨 후막을 분리시키기 위한 레이저 빔 조사 공정이 실시되는 가열실(11C)이 연결된 구조를 가지며 반응실(11A), 배기실(11B), 가열실(11C) 각각은 이웃하는 영역과 셔터(shutter, 12)로 분리된다. 배기실(11B)과 접하지 않는 반응실(11A)의 단부와 가열실(11C) 단부 즉 각각 외부와 접하는 반응실(11A)과 가열실

(11C)의 단부는 플렌지(flange, 12A)가 장착되어 밀폐된다.

<27> 반응실(11A)은 다단전기로(13)로 둘러싸이고 반응실(11A)에는 암모니아 가스용 제1 가스 인입관(14)과 염산 및 질소 가스용 제2 가스 인입관(15)이 연결된다. 이러한 가스 인입관을 통하여 반응실(11A) 내에 주입된 암모니아 가스, 염산 가스 및 질소 가스는 반응실(11A) 내부에 위치한 갈륨(20)과 반응하게 되고, 이러한 반응에 의해 모기판(30) 상에 질화갈륨 후막의 성장이 일어난다.

<28> 반응실(11A) 내에서 질화갈륨 후막의 성장이 일어나는 동안 배기실(11B)에 연결된 배기계(16)를 통하여 반응가스가 배기되고, 성장이 완료되면 배기실(11B)을 배기계로부터 차단시킨다.

<29> 이어서, 질화갈륨 후막 성장이 완료된 모기판(30)을 가열실(11C) 내의 시료지지대(40) 위로 이동하고, 레이저 빔(50)을 모기판(30)의 후면에 조사하여 모기판(30)으로부터 질화갈륨 후막을 분리시켜 질화갈륨 단결정 기판을 제조한다.

<30> 본 발명의 실시예에 따른 질화갈륨 단결정 기판 제조 장치를 보이는 도3에서는 반응실(11A)과 가열실(11C) 사이에 배기실(11B)이 위치하는 것을 도시하였지만, 반응실(11A)과 가열실(11C)이 인접할 수도 있으며, 별도의 배기실을 마련하지 않고 반응실(11A)과 배기계(16)가 바로 연결되도록 할 수도 있다.

<31> 또한, 도3에서는 질화갈륨 단결정 기판 제조 장치를 예로서 도시하였지만 질화갈륨을 포함하는 AlN, GaN, InN, GaInN, AlInN, AlGaInN 등과 같은 III족 질화물 단결정 기판 제조에 적용될 수도 있다. 예를 들어 GaInN 등을 제조하기 위해서는 반응실(11A) 내에 Ga과 In 각각을 담은 용기가 있으면 되고, 이들 각각에 염산가스와 질소가스를 흘려주면

된다. AlGaN의 경우에는 세개의 독립된 용기에 염산가스와 질소가스를 흘려주면 된다.

<32> 이하, 첨부된 도면 도4a 내지 도4d를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 질화갈륨 단결정 기판 제조 방법을 보다 상세하게 설명한다.

<33> 먼저 도4a에 도시한 바와 같이, 사파이어(Al_2O_3), 스피넬($MgAl_2O_4$) 등의 산화물 기판 또는 탄화규소(SiC)처럼 질화갈륨(GaN)과 격자부정합 및 열팽창계수의 차이가 큰 기판을 질화갈륨 후막 성장을 위한 모기판(30)으로 준비한다.

<34> 다음으로 도3과 같이 반응실(11A) 내에 석영반응관이 마련되고 반응실(11A)과 연결된 가열실(11C) 내에 별도의 기판지지대(40)가 부착된 수평형 대기압 하이드라이드 기상 에피택시 장치의 반응실(11A) 내에서, 도4b에 도시한 바와 같이 모기판(30) 상에 질화갈륨 후막(31)을 형성한다.

<35> 이때, 갈륨 등과 같은 적어도 하나의 III족 원소는 수평형 전기로에 의해 온도가 600 °C 내지 900 °C로 유지된 영역에 위치시키고, 1000 °C 내지 1100 °C로 유지된 성장 영역에는 모기판(30)을 위치시킨다. 석영반응관 내부를 10^{-3} torr 정도의 진공으로 배기한 후 전기로의 온도를 증가시키면서 600 °C의 온도에서부터 질소 가스를 주입한다. 전기로의 온도가 질화갈륨 성장온도에 달하면 염산 가스를 갈륨 위로 통과시키어 염화갈륨을 형성하고, 암모니아 가스를 모기판(30) 부근에 공급하여 모기판(30) 상에 100 μm 내지 500 μm 두께의 질화갈륨 후막(31)을 성장시킨다.

<36> 이와 같이 질화갈륨 후막(31)의 성장이 완료되면 염산 가스의 공급을 중지하고, 질

소(N_2) 또는 암모니아(NH_3)를 공급하면서 반응실 내에서 600 °C 내지 1000 °C의 일정온도까지 질화갈륨 후막(31) 형성이 완료된 모기판(30)을 냉각시킨다. 이때, 전기로의 냉각 속도는 3 °C/분 내지 10 °C/분이 되도록 한다.

<37> 이와 같이 질화갈륨 후막(31)이 형성된 모기판(30)의 온도가 반응실(11A) 내에서 600 °C 내지 1000 °C에 이르면 석영기구(도시하지 않음)를 이용하여 질화갈륨 후막(31)이 형성된 모기판(30)을 600 °C 내지 1000 °C의 일정온도로 유지된 시료지지대 상에 도4c에 도시한 바와 같이 180 °회전시켜 올려놓아 질화갈륨 후막(31)과 시료지지대(40)가 마주보도록 하여 이후 모기판(30)의 후면에 레이저가 조사되도록 한다.

<38> 다음으로, 도4d에 도시한 바와 같이 고출력 레이저 빔을 모기판(30) 후면에 조사하여 모기판(30)으로부터 질화갈륨 후막(31)을 분리시킨다. 이때 사용된 레이저는 펄스 동작하는 Nd:YAG 레이저로서 파장이 355 nm, 출력이 500 mJ, 펄스의 주기는 10 Hz 내지 20 Hz이고, 펄스 폭은 5 ns 내지 6 ns이다. 이와 같이 파장이 355 nm인 고출력 레이저빔이 모기판(30) 후면에 조사되면 레이저빔은 모기판(30)을 투과하고, 질화갈륨 후막(31)에서 는 흡수된다. 질화갈륨 후막(31)이 고출력 레이저빔을 흡수하게 되면 질화갈륨 후막(31)의 수 μm 두께 범위에서 질화갈륨이 질소와 갈륨으로 분해되어 질화갈륨 후막(31)이 모기판(30)으로부터 분리됨으로써 균열이 없는 단결정 상태의 질화갈륨 단결정 기판(31A)을 제조할 수 있다. 도면부호 '32'는 질화갈륨 분해영역을 나타낸다.

<39> 이와 같이 모기판으로부터 분리된 질화갈륨 단결정 기판(31A)의 표면은 평탄하지 않으므로 질화갈륨 단결정 기판(31A)의 양면 또는 단면을 다이아몬드 슬러리(slurry)를 사용하여 기계적으로 연마하고 기계-화학적인 방법으로 최종적으로 연마하여 질화갈륨 단결정 기판을 완성한다.

<40> 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

【발명의 효과】

<41> 상기와 같이 이루어지는 본 발명은 비교적 성장 속도가 빠른 하이드라이드 기상에 피텍시법으로 석영반응관 내에서 모기판 위에 질화물막을 성장시킨 후, 모기판을 일정온도로 유지된 기판지지대로 이동시켜 온도를 일정하게 유지하면서 레이저를 조사하여 모기판으로부터 질화물막을 분리시키고 후막의 단면 또는 양면을 연마함으로써 균열이 없는 질화물 단결정 기판을 제조할 수 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

기판 제조 장치에 있어서,

모기판 상에 후막 성장 공정이 실시되는 반응실;

상기 반응실과 연결되고, 상기 모기판으로부터 상기 후막을 분리하여 기판을 제조하기 위한 레이저 조사 공정이 실시되는 가열실; 및

상기 가열실 내에 장착되며 일정 온도로 유지된 시료지지대
를 포함하는 기판 제조 장치.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 기판 제조 장치는

하이드라이드 기상에피택시 장치인 것을 특징으로 하는 기판 제조 장치.

【청구항 3】

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 반응실과 상기 가열실 사이에 배기계와 연결되는 배기실을 더 구비하며,

상기 반응실, 상기 배기실, 상기 가열실 각각은 이웃하는 영역과 셔터로 분리되는
것을 특징으로 하는 기판 제조 장치.

【청구항 4】

기판 제조 방법에 있어서,
모기판을 마련하는 제1 단계;
반응실 내에서 상기 모기판 상에 후막을 형성하는 제2 단계; 및
상기 모기판을 상온보다 높은 일정 온도로 유지시키면서 레이저를 조사하여 상기
모기판으로부터 상기 후막을 분리시켜 기판을 제조하는 제3 단계
를 포함하는 기판 제조 방법.

【청구항 5】

제 4 항에 있어서,
상기 제2 단계 후,
상기 후막 형성이 완료된 모기판을 일정온도까지 냉각시키는 제4 단계; 및
상기 반응실과 연결된 가열실 내에 위치하며 일정 온도로 유지된 시료지지대 상에
상기 후막 형성이 완료된 모기판을 이동시키는 제5 단계를 더 포함하는 것을 특징으로
하는 기판 제조 방법.

【청구항 6】

제 5 항에 있어서,
상기 제3 단계 후,

상기 기판의 양면 또는 단면을 연마하는 제6 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 제조 방법.

【청구항 7】

제 4 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 모기판은 사파이어(Al_2O_3), 스페넬($MgAl_2O_4$) 또는 탄화규소(SiC) 중 어느 하나이고,

상기 후막은 질화물막이고,

상기 기판은 질화물 단결정 기판인 것을 특징으로 하는 기판 제조 방법.

【청구항 8】

제 7 항에 있어서,

상기 제2 단계에서,

상기 질화물막을 하이드라이드 기상에피택시법으로 형성하는 것을 특징으로 하는 기판 제조 방법.

【청구항 9】

제 8 항에 있어서,

상기 제2 단계는,

상기 반응실의 600 °C 내지 900 °C로 유지된 영역에 적어도 하나의 III족 원소를 위

치시키고, 상기 반응실의 1000 °C 내지 1100 °C로 유지된 영역에 상기 모기판을 위치시키는 단계;

진공상태에서 온도를 증가시키면서 일정 온도 이상에서 상기 반응실 내에 질소 가스를 주입하는 단계;

질화물막 성장 온도에서 염산 가스를 상기 Ⅲ족 원소 위로 통과시키어 염화화합물을 형성하는 단계; 및

암모니아 가스를 공급하여 상기 모기판 상에 질화물막을 성장시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 제조 방법.

【청구항 10】

제 9 항에 있어서,

상기 제4 단계는,

상기 반응실 내에 질소 또는 암모니아를 공급하면서 600 °C 내지 1000 °C 온도까지 상기 모기판을 냉각시키는 것을 특징으로 하는 기판 제조 방법.

【청구항 11】

제 10 항에 있어서,

상기 제5 단계에서,

600 °C 내지 1000 °C의 온도로 유지된 상기 시료지지대 상에, 상기 질화물막과 시료지지대가 마주보도록 상기 모기판을 위치시키는 것을 특징으로 하는 기판 제조 방법.

【청구항 12】

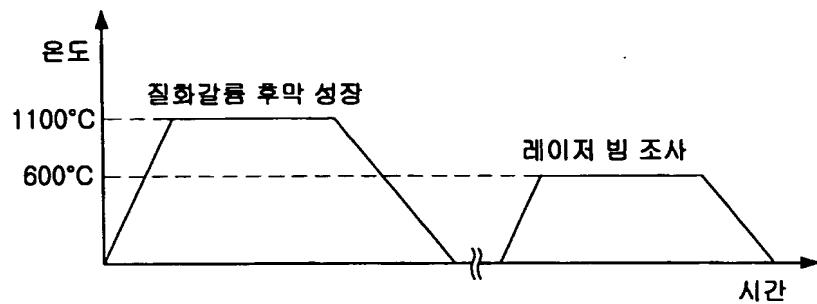
제 10 항에 있어서,

상기 제3 단계에서,

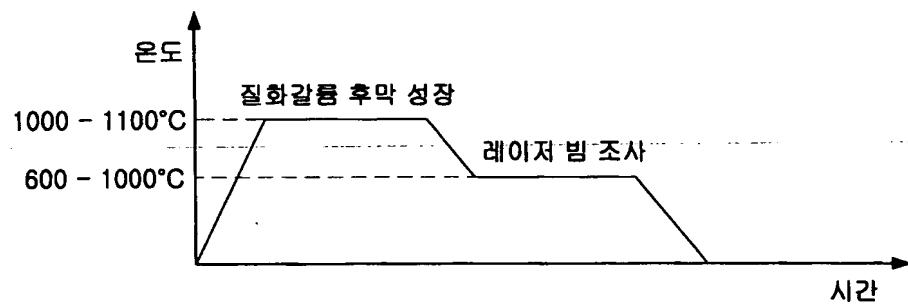
상기 모기판의 후면에 질화물막이 흡수할 수 있는 파장을 갖는 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 기판 제조 방법.

【도면】

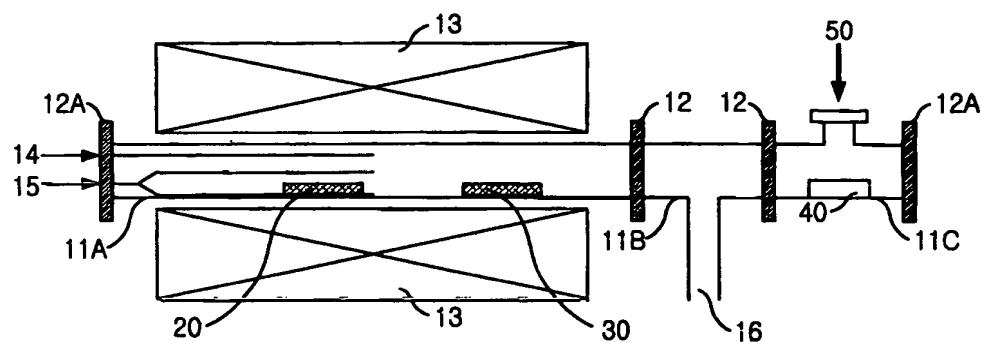
【도 1】



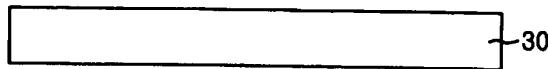
【도 2】



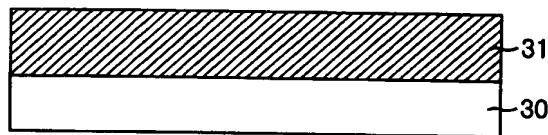
【도 3】



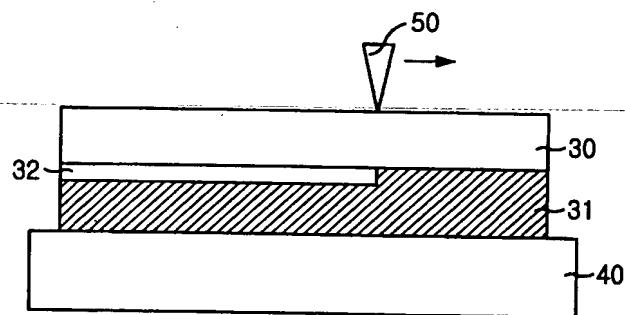
【도 4a】



【도 4b】



【도 4c】



【도 4d】



